

**Technologie připevnění a stabilizace měřicí
aparatury RiverSurveyor M9 na trimaranu
za účelem měření batymetrie malých
vodních nádrží**

Ověřená technologie



T A

Č R

Technologická
agentura
České republiky

listopad 2017



Autoři:

Ing. Jiří Hlaváček¹ (hlavacek@aquamonitoring.cz)
Ing. Radek Roub, Ph.D.² (roub@fzp.czu.cz)
Ing. Štěpán Marval^{2,3} (marval.stepan@vumop.cz)
Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D.³
Ing. Pavel Čuba¹
Ing. Václav Hradílek²
RNDr. Pavel Novák, Ph.D.³
Ing. Tomáš Vybíral⁴ (tomas.vybiral@georeal.cz)
Ing. Luděk Bureš²

¹AQUAMONITORING, s.r.o. - Jedovnická 2346/8, 628 00 Brno - Líšeň

² Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 961/129, 165 00 Praha 6 - Suchbátka

³ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5

⁴ GEOREAL spol. s r.o., Hálkova 12, 301 00 Plzeň

Recenzovali:

Ing. Martin TOMEK - Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. - Oddělení plánování a koncepcí
Nábřeží 4, 150 56 Praha 5 – Smíchov

Ing. Marie KURKOVÁ, Ph.D. - Ministerstvo zemědělství ČR - Odbor vodohospodářské politiky
a protipovodňových opatření, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1

Poděkování:

Ověřená technologie vznikla za finanční podpory Technologické agentury ČR, programu ALFA a jako plánovaný výstup projektu č. TA04020042 „Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží pro stanovení jejich zásobních kapacit a sledování množství a dynamiky sedimentů“.

V roce 2017 v nákladu 25 ks vydal VÚMOP, v.v.i.

Tisk: Rhodos spol. s r.o., Vyšehradská 51, 128 00 Praha 2

Vydání: první, 2017

ISBN 978-80-87361-71-9

© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5
www.vumop.cz

Pověřený řízením veřejné výzkumné instituce: doc. Ing. Radim Vácha, Ph.D.



Obsah:

1. Úvod - potřebnost a využití ověřené technologie	4
2. Vymezení základních pojmů	7
3. Seznam použitých zkratk.....	8
4. Základní principy užívané v batymetrii.....	9
4.1. Jednopaprscitý sonar.....	9
4.2. Mnohopaprscitý sonar.....	10
4.3. Boční sonar	10
4.4. Výložníkový systém	10
4.5. Acoustic Doppler current Profiler.....	11
5. Popis technologie	13
5.1 Měřicí aparatura.....	13
5.2 Princip použité metody sběru dat.....	15
5.3 Nosič – nosné plavidlo.....	15
5.4 Technologie připevnění RiverSurveyor M9 na trimaranu.....	16
5.5 Teplotní stratifikace	22
5.6 Průběh a ověření přesnosti měření.....	24
6. Popis způsobu testování.....	26
Vodní nádrž Hracholusky	26
Vodní nádrž Nýrsko	30
Vodní nádrž Všerubský rybník.....	34
Vodní nádrž Mydlovarský rybník.....	37
Vodní nádrž Krvavý rybník.....	40
Vodní tok Vltava u Hluboké n. Vltavou.....	44
7. Zdroje doplňkových dat	48
DMR	48
DIBAVOD.....	48
Manipulační a provozní řád.....	48
8. Výhody a omezení	49
9. Ekonomické a inovativní přínosy.....	51
10. Souhrn a závěr.....	52
Literatura	53
Seznam obrázků.....	56



1. Úvod - potřeba a využití ověřené technologie

Procesy eroze na zemědělské půdě a s tím spojená sedimentace ve vodních nádržích jsou aktuálně jedním z největších globálních vodohospodářských problémů [1, 2, 3, 4]. Po celém světě mají procesy eroze, transportu půdních částic a sedimentace významný dopad na environmentální, ekonomickou i sociální sféru. Více než padesát procent původní zásobní kapacity světových nádrží bude pravděpodobně ztraceno v průběhu následujících třiceti let kvůli sedimentaci [1]. Zanášení vodních toků a nádrží produkty vodní eroze způsobuje především zmenšení průtočnosti koryt vodních toků, akumulčních prostorů vodních nádrží a ovlivňuje jejich hydraulickou funkci, kdy se zkracuje doba zdržení, zvyšuje se rychlost průtoku nádrží a snižuje se zabezpečení odběru vody.

Obecně tím dochází ke snížení akumulace vody v území. Naopak při poklesu vody v nádrži (např. při dlouhodobém období sucha) se obnažují velké plochy usazeného materiálu. Přímý kontakt těchto usazenin se vzduchem je příčinou jejich zrychlené mineralizace, přičemž jakost vody se po opětovném zatopení prudce zhoršuje, poněvadž sedimenty obsahují značné množství živin a rizikových látek [1].

Transport sedimentů do nádrže a rychlost sedimentace závisí na mnoha faktorech. Jsou jimi množství a distribuce srážek, umístění a typ vegetačního pokryvu, velikost povodí, geologické a geomorfologické poměry ve sběrné oblasti i míra antropogenních zásahů do krajiny [5, 6].

Autor [7] zmiňuje rovněž tzv. vnitřní zanášení rybníků. Aktuálně nastavené trendy v rybářském hospodaření s tendencí k vysokým obsádkám, společně s enormním přísunem živin způsobují vnitřní zanášení rybníků.

V současné době bylo dokončeno nové výškopisné mapování metodou leteckého laserového skenování území České republiky (ČR), které poskytne nové výškopisné produkty.

V současné době je tak k dispozici vysoce kvalitní výškopisný digitální model reliéfu České republiky získaný metodou leteckého laserového skenování (LLS). Výškopisné mapování probíhalo v rámci společného projektu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany (MO) a Ministerstva zemědělství (MZe) s názvem



„Projekt tvorby nového výškopisu České republiky“ [8] a bylo dosaženo výstupů:

- Digitální model reliéfu 4. generace (DMR 4G) ve formě rastru 5 x 5 m s úplnou střední chybou výšky 0.30 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu.
- Digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G) ve formě nepravidelné sítě bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,30 m v zalesněném terénu.
- Digitální model povrchu 1. generace (DMP 1G) ve formě nepravidelné sítě bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,4 m pro přesně vymezené objekty a 0,7 m pro objekty přesně neohrazené (lesy a další prvky rostlinného půdního krytu).

Metoda LLS umožňuje obecně získávání velkého objemu dat v krátkém časovém intervalu. Ve spojení s poměrně vysokým stupněm automatizace jejich zpracování při vytváření digitálního modelu terénu a povrchu představuje jednu z neefektivnějších metod pro získávání relevantních prostorových dat [9, 10].

Otázkami přesto zůstává, co se nachází pod vodní hladinou? Jaké jsou akumulární a retenční kapacity vodních toků a nádrží? Kolik máme sedimentů ve vodních tocích a nádržích? Nebo jaká je jejich dynamika? Na tyto otázky hledá odpovědi vědní obor batymetrie.

Přestože prvotní vymezení oboru batymetrie bylo úzce spojeno s měření hloubek oceánů, moří a jezer při vytváření námořních map pro bezpečnější navigaci, při hledání ropy nebo vraků lodí, v posledních letech je tento obor velice expandujícím a nalézá široké uplatnění v řadě dalších oborů.

Získáním digitálního modelu reliéfu (DMR), který bude zahrnovat informace o morfologii dna nádrží a toků, bude možné analyzovat zásobní kapacity vodních toků a nádrží. Dále je možné kvantifikovat množství sedimentů ve vodních tocích či nádržích, sledovat jejich dynamiku, respektive identifikovat kritické body vstupu sedimentů do vodních toků a nádrží (tvorba sedimentačních kuželů) a v důsledku toho přijímat taková opatření, která umožní deponování sedimentů ve vodních tocích a nádržích omezi.

Batymetrickým měřením se zabývá řada zahraničních autorů, avšak většinou se jedná o studie, které se zaměřují na batymetrii moří a oceánů [11,



12, 13, 14, 15]. Menšina autorů se zabývá batymetrickým měřením na jezerech, nádržích a řekách [16, 17, 18, 19, 20]. Přestože se v zahraničí problematice oboru batymetrie věnuje řada odborníků, v podmínkách ČR nebyla doposud dostatečně otestována technologie, která by byla plně využitelná s ohledem na specifické podmínky českých „rybníků“.

Opakovaní batymetrického měření na malých vodních nádržích (MVN) je důležitým nástrojem na zjištění změn sedimentačních procesů v nádrži a určení objemu zadržené vody. Při periodickém sběru dat je tedy možné sledovat genezi a dynamiku sedimentu a kontrolovat stav například po extrémních hydrologických situacích.

Odhadovaný objem sedimentů v ČR je 197 mil. m³, to si můžeme představit jako 24 cm vysokou vrstvu sedimentu rozprostřenou ve všech nádržích ČR [21]. Autoři článku [22] uvádí roční nárůst sedimentu na středně velkých nádržích od 8 do 14 mm, za povodně však uvádí dosažení mnohonásobně větších hodnot, například na vodní nádrži Pastviny je dokumentován nárůst 130 mm/rok.

V současné době, kdy ve vyšší míře postihují ČR hydrologické extrémy, je důležité znát objem zadržené povrchové vody v krajině a její retenční potenciál, který sama krajina s již existujícími nádržemi má. Zatím jsou známy jen hrubé odhady celkového objemu vody v MVN. Technologie, pomocí které je možné současný stav přesně určit a vytvořit tak batymetrickou databázi současného stavu, je již delší dobu k dispozici, avšak až nyní byla dostatečně otestována technologie připevnění měřicího zařízení na lodi, která měřicí zařízení nese.

V průběhu řešení výzkumného projektu Technologické agentury ČR, programu ALFA „Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží pro stanovení jejich zásobních kapacit a sledování množství a dynamiky sedimentů“ byla vyvinuta technologie na upevnění měřicího zařízení RiverSurveyor M9, které umožňuje batymetrické měření.



2. Vymezení základních pojmů

Průtok vody

- objemový průtok vody v daném profilu vodního toku vyjadřující protoklý objem vody za jednotku času,

matematický (hydrodynamický) model

- numerický model popisující proudění kapaliny (vody),

sediment

- usazenina, složená z částic pevných látek, které se vlivem tíže usadily, sediment může být tvořen jakoukoliv látkou, která může být v přírodě přenesena větrem nebo vodním tokem i ze značně vzdálených míst,

batymetrie

- obor zabývající se měřením hloubky moře, jedná se vlastně o podvodní podobu hypsometrie, výsledky se vyjadřují v podobě batymetrických map,

lidar

- moderní technologie k detekci objektů a měření vzdáleností při využití laserového paprsku.



3. Seznam použitých zkratek

ADCP	- Acoustic doppler current profiler
ČHMÚ	- Český hydrometeorologický ústav
ČR	- Česká republika
ČUZK	- Český úřad zeměměřický a katastrální
ČZU	- Česká zemědělská univerzita
DIBAVOD	- Digitální báze vodohospodářských dat
DMP 1G	- digitální model povrchu České republiky 1. generace
DMR	- digitální model reliéfu
DMR 4G	- digitální model reliéfu České republiky 4. generace
DMR 5G	- digitální model reliéfu České republiky 5. generace
GIS	- Geografické informační systémy
GPS	- Globální polohový systém
HDOP	- Horizontal dilution of precision
HEC-RAS	- Hydrologic engineering centers river analysis System
KVHEM	- Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování
LIDAR	- Light imaging, detection, and ranging
LLS	- letecké laserové skenování
LMS	- letecké měřické snímkování
MO	- Ministerstvo obrany
MVN	- malá vodní nádrž
MZe	- Ministerstvo zemědělství
ORP	- Obec s rozšířenou působností
RTK	- Real time kinematic / kinematika v reálném čase
SONAR	- Sound navigation and ranging
TAČR	- Technologická agentura České republiky
TIN	- Triangulated irregular network
VN	- vodní nádrž
VUMOP	- Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
ZABAGED	- Základní báze geografických dat



4. Základní principy užívané v batymetrii

K batymetrickým měřením je v současné době snaha využívat metody, které sníží měřicí čas nutný na sběr dat. Proto je stále častěji používán a zdokonalován systém leteckého sběru batymetrických dat. Nicméně jak ukazují dosažené poznatky [23], tyto metody není v ČR zatím možné účinně využívat. Proto je v podmínkách ČR pozornost soustředěna na metody, které poskytují relevantní data o morfologii dna pod vodní hladinou. Dnes se k měření hloubek na vodních nádržích a vodních tocích v ČR nejčastěji používá sonar. Sonar je systém, který využívá vyslaných a odražených akustických vln k detekci a lokalizaci ponořených objektů anebo k měření vzdálenosti od vysílajícího přístroje ke dnu.

4.1. Jednopaprscitý sonar

V současnosti jsou používány sonary v několika modifikacích. Základní variantou je jednopaprscitý sonar. Ten se liší ve frekvenci zvuku, který využívají pro měření hloubky. Čím nižší frekvence tím větší hloubku je možné měřit. Rozptyl používaných frekvencí je dle specifikace široký, a to od stovek MHz do stovek KHz. U některých přístrojů je možné dle předpokládané hloubky nastavovat požadovanou frekvenci pomocí převodníku, který vysílá a zpracovává zvukové vlny. Do mělkých vod je vhodný převodník s širokým záběrem a do hlubších s užším. Při použití nevhodného převodníku dochází ke zhoršení rozlišení, nebo vzniku mrtvých zón. Jednopaprscité sonary jsou běžně používány například rybáři. Zařízení vysílá zvukové vlny směrem ke dnu, které se od něj odrazí zpět. V současné době jsou k dispozici přístroje, které vysílají dvě odlišné frekvence, tedy duální jednopaprscité sonary. Tyto sonary mají tu výhodu, že nízká frekvence v řádu desítek KHz má schopnost proniknout sedimentem a vysoká, stovky KHz, se odrazí ode dna. Následně pak vzniká komplexní informace nejen o dně, ale také o složení sedimentu. V případě technologie nasazené na měřicí trimaran jde o jednopaprscitý sonar s frekvencí 0,5 MHz s možností alternování signálu z velice malých hloubek 0 – 0,4 m vyšší frekvencí 1 respektive 3 MHz.



4.2. Mnohopaprscitý sonar

Mnohopaprscitý sonar je nástroj, který funguje na stejné bázi jako výše zmíněný jednopaprscitý. Rozdíl je v tom, že nevysílá jeden zvukový paprsek, ale více paprsků najednou zaměřených do odlišných směrů tak, aby došlo k zaměření pásu dna. Tomuto zaměřenému pásu se říká „swath“ a jeho šíře je dána aktuální hloubkou a velikostí zvolené frekvence měření. V případě těchto technologií je již samozřejmá možnost nastavení různých emitovaných frekvencí v rozsahu možností přístroje. Při volbě takového přístroje je nutné znát přibližný rozsah hloubek, které budou tímto přístrojem proměřovány. Mnohopaprscitý sonar je díky své komplexnosti dražší a náročnější na provoz než jednopaprscitý, ale tuto nevýhodu vyváží výrazné zkrácení operační doby. Tato metoda nachází nejvýhodnější uplatnění při proměřování hlubokooceánské krajiny, velkých nádrží a řek. Nedostatkem této metody je však nutnost nasazení relativně velké měřicí loď, která ze své podstaty nemůže být využita v oblastech mělčin, příbřežních zón a většiny MVN [24].

4.3. Boční sonar

Dalším typem měřicího zařízení fungujícího na základě zvuku je boční sonar, který má jiný cíl než zkoumat, pořizovat samotná data o batymetrii. Boční sonar může poskytnout bližší informaci o složení dna a břehů nádrže či toku. Dokáže rozlišit strukturu dna na základě schopnosti detekce odrazu zvuku od různých materiálů. Některé typy materiálu jako jsou kovy nebo nově vzniklé sopečné horniny, jsou v odrazení zvuku velmi efektivní. Na druhou stranu jíly a naplavený sediment jsou na tom o poznání hůře. Díky znalostem o těchto charakteristikách lze ze síly odrazu zvuku vyvodit informaci o kompozičním složení povrchu dna. Tento sonar bývá užíván jako doplňkový k jedno či více paprscitému sonaru [24].

4.4. Výložníkový systém

Takzvaný výložníkový systém provozuje Povodí Vltavy, státní podnik. Jedná se o speciální plavidlo sloužící pro účely batymetrie. Kontrolují se hloubky a stav koryta vodních toků např. po povodních. Dále může vyhledávat naplavené překážky na vodních cestách. Plavidlo je po bocích osazeno výložníky se sonary a v případě potřeby se hydraulicky vyklápějí.



Určení v prostoru obstarává systém GPS s přijímačem na plavidle a břehu. Měření doplňují radiolimnigrafy (výška hladiny), inklinometr (sklon) a gyrokompas [25]. Tento výložníkový systém je omezen na hlavní splavné toky ČR.

4.5. Acoustic Doppler current Profiler

Acoustic doppler current profiler (ADCP) je nástroj k měření rychlosti vody v celém vodním sloupci. Pokud je zařízení umístěno na mořském dně, dokáže měřit rychlosti v pravidelných vzdálenostech až k vodní hladině. Pokud je měřicí zařízení instalováno vodorovně např. na mostních pilířích ve vodním toku nebo na plavidle pohybujícím se v příčném směru, tak slouží ke zjištění profilu dna. Zařízení může být nainstalováno zesponu na lodi, kde měří rychlost proudění tím, jak se loď pohybuje.

Princip fungování metody ADCP je v použití zvuku. Pomocí emitovaných a přijímaných zvukových vln se měří rychlost rozptýlených částic ve vodním sloupci, které mají rychlost proudící vody, a to na základě Dopplerova jevu. Zvuk má vyšší frekvenci nebo výšku, když se přibližuje, než když odchází. Známým příkladem je změna frekvence zvuku projíždějícího automobilu.

ADCP funguje tak, že vysílá krátké sekvence zvuku do vody při konstantní frekvenci. Zvukové sekvence mají tak vysoký tón, že je člověk není schopen vnímat. Jak zvukové vlny cestují prostorem, tak se odráží od rozptýlených částíček v pohybující se vodě a vrací se zpět k zařízení. Dopplerův jev způsobuje, že zvukové vlny odražené zpět od pohybující se částice dál od zařízení mají mírně sníženou frekvenci, když se vrací. Částice pohybující se směrem k zařízení vrací zpět vlny o vyšší frekvenci. Rozdíl ve frekvenci mezi vlnami vyslanými a přijatými se nazývá Dopplerův posun. Nástroj používá tento posun k výpočtu rychlosti pohybující se částice ve vodním sloupci čili rychlosti vodního proudu. Mimo měření rychlosti jednotlivých částic měří i celkovou hloubku tak, aby mohlo dojít při znalosti průtočného profilu na přepočet průtoku.

Tuto technologii nelze využívat, v případě testovaného přístroje RiverSurveyor, pro vyšší hloubky vodního toku nebo vodní nádrže než je 30 m, a to především kvůli vysokým použitým frekvencím (1 a 3 MHz). Nicméně je možné, díky vysokým frekvencím, s přístrojem určit velice

detailně distribuci rychlostí v jednotlivých svislicích v celém měřeném profilu. Pozornost se musí věnovat velice čistým vodám z důvodů nízkého obsahu rozptýlených částic. V případě přístrojů pracujících na bázi sonaru je důležité sledovat, jestli v průběhu měření nedochází k „probublávání“ měřeného profilu. Přítomnost bublin v měřeném profilu mění fyzikální vlastnosti profilu, což způsobuje zásadní chyby při měření. Konstrukční provedení ADCP pro RiverSurveyor je prezentováno na **Obr. 1** [26].

Je třeba věnovat zvýšenou pozornost, zda je měřicí sonda dostatečně ponořena ve vodě. Také sledujeme, zda vrchní vrstva neobsahuje vzduchové bubliny, které by mohly snížit kvalitu měření.



*Obr. 1 – Acoustic Doppler current Profiler (HydroSurveyor.) – měřicí hlavice/sonda
Průměr 128,4 mm. Postranní, žluté senzory o frekvenci 1 Mhz. Černé senzory o frekvenci 3 Mhz.
Žlutý senzor na středu těla: hloubkoměr (echosounder). Šedý senzor: teploměr.*



5. Popis technologie

5.1 Měřicí aparatura

Zařízení RiverSurveyor M9 od firmy SonTek je robustním a vysoce přesným systémem ADCP vytvořeným přímo pro měření říčního průtoku, rychlostního příčného profilu proudu vody a hloubky z pohybujícího se nebo stálého plavidla. V případě měření hloubek je s tímto přístrojem možné měřit v rozsahu od 0,2 m do 80 m. Přístroj kombinuje moderní a ověřenou instrumentaci ADCP se softwarem pro PC a mobilní zařízení. Skládá z následujících součástí:

- Devíti-paprskového těla měřicího přístroje RiverSurveyor M9, které nese procesní elektroniku, kompas, dvouosé náklonové čidlo, teplotní čidlo, 8 GB vnitřní paměť, 4 čidla o frekvenci 3 MHz, 4 čidla o frekvenci 1 MHz (vše v Janus konfiguraci) a jedno čidlo (echosounder) o frekvenci 0,5 MHz, které je umístěno na středu, viz **Obr. 1**. Tělo M9 je propojeno s napájecím a komunikačním modulem. Při běžném nastavení je umístěna na těle M9 GPS anténa, která je skrze kabel samostatně s napájecím a komunikačním modulem propojena přes koaxiální kabel.
- Napájecí a komunikační modul zpracovává GPS signál z vlastní GPS umístěné na těle měřicího zařízení. Dále zpracovává bluetooth signál skrze, který komunikuje s mobilním zařízením a skrze, který dochází k ovládání celého měřicího systému. Dále je přítomna rádiová anténa, která zpřesňuje pomocí komunikace s RTK stanicí výškovou a horizontální polohovou přesnost. Do tohoto vodotěsného modulu je vkládána nabíjecí baterie, která napájí celý měřicí systém.
- RTK stanice, která má velice podobný komunikační modul jako je ten, který slouží k napájení a komunikaci přímo se sonarem. V tomto případě je však jednodušší. Má za úkol zpřesňovat polohově měřicí zařízení, proto je vybaveno GPS anténou, která přijímá signál o 10 Hz a dále ho pomocí modemu a rádiové antény zasílá ve frekvenci 1 Hz hlavnímu napájecím a komunikačnímu modulu. RTK stanice je nejčastěji připravená na stavu. Maximální udávaná vzdálenost, do které by nemělo dojít k ovlivnění kvality signálu mezi sonarem a RTK, jsou 2 km.
- Důležitou součástí je PC určené k ovládání aparatury, na kterém je nainstalován software *RiverSurveyor Live* pro PC. Druhou variantou je

ovládání zařízení skrz chytrý telefon, kde je podmínkou nainstalovaný *RiverSurveyor Live* pro telefon. Výše popsaný hardware, je potřebný k ovládání měřicí aparatury a zprostředkovává tak vlastní sběr batymetrických dat. Software umožňuje, kromě ovládání v reálném čase, také následné zpracování dat a jednoduchý export do tabulkových dat. Nepostradatelné součásti měřicí aparatury RiverSurveyor M9 nesené trimaranem na dálkové ovládání při batymetrickém měření jsou prezentovány na **Obr. 2** [27].



Obr. 2 – Součásti a využití měřicí aparatury

- A) Použití měřicí aparatury RiverSurveyor M9 při měření batymetrie vodního toku či nádrže.*
- B) Referenční stanice – stativ + RTK base station.*
- C) Prezentované použití měřicí aparatury RiverSurveyor M9 při batymetrickém měření na vodní nádrži.*
- D) Uživatelské rozhraní softwaru RiverSurveyor Live for mobile – ovládání v reálném čase.*



5.2 Princip použité metody sběru dat

Měřicí zařízení vysílá v jednom okamžiku zvukové paprsky o všech nastavených frekvencích. Nicméně pokud je přístroj používán na batymetrická měření bývá akcentován jeden zvukový paprsek o frekvenci 0,5 MHz. Impuls prochází skrz vodu, ode dna se odráží a putuje zpět k hladině, až jej sonar opět zachytí. Z času, který zvukový signál o známé frekvenci potřeboval k uražení, vodního sloupce o známé konduktivitě a teplotě, vypočte uraženou vzdálenost, tedy hloubku a tím poskytuje přesný profil dna.

Samotné měření s trimaranem lze vykonat na jakémkoliv vodní ploše. Důležitou přípravou před měřením je vyhledání nejvhodnějšího místa na mapě pro umístění stanice RTK a odhadnutí případných lomových linií (brod, bývalá silnice, skalní výběžek) v nádrži. Tyto geomorfologické prvky by měly být, při mapování zohledněny a co nejlépe zaměřeny. Před měřením je však nutné na místě provést kalibraci kompasu. Po sestavení přístroje a dokončení kalibrace je možné začít měření. Hustota měření a jeho geometrie by měla být naplánována předem a měla by reflektovat potřeby zaměření a geomorfologii nádrže. Potřeby zaměření se můžou lišit dle rozlišení výsledného DMR dna nádrže a velikosti požadované statistické chyby vyjádřené např. prostřednictvím RMSE (Root Mean Square Error). Jak již bylo zmíněno výše, přístroj neudává validní informace o nadmořské výšce, proto je nutné v případě potřeby těchto dat získat informace z jiného zdroje.

5.3 Nosič – nosné plavidlo

Kompletní měřicí aparatura se stává z konstrukce vlastního sonaru a jeho nosiče, k němuž je systém při sběru dat připevněn. Nosič (nosné plavidlo) musí být konstruováno tak, aby splňovalo potřeby vycházející z fyzikální podstaty způsobu měření, rozsahu použití a uživatelského komfortu.

Originální nosné plavidlo v provedení Hydroboard I od firmy SonTek disponuje pružnou konstrukcí, umožňující použití kdekoli od nízkých rychlostí zavlažovacích kanálů až po vysokohorské potoky. V současnosti je k dispozici i druhá generace v podobě Hydroboard II, která se vyznačuje novým designem pro zajištění lepší stability vedoucí k vyšší přesnosti pořizovaných dat.



Obr. 3 – Hydroboard I / II od firmy SonTek

Ve vazbě na specifické podmínky vodních nádrží a plošné pořizování batymetrických dat bylo vyvinuto vlastní nosné plavidlo v podobě trimaranu (**Obr. 5**).

5.4 Technologie připevnění RiverSurveyor M9 na trimaranu

Technologie pro nesení RiverSurveyoru M9 v podobě trimaranu představuje nosné plavidlo, které je konstruováno jako polo automatizovaná loď disponující trupem lodi a dvěma stabilizačními plováky.

Historicky tyto konstrukce využívaly přímořské národy (především Polynésané) k plavbám na ohromné vzdálenosti. Evropané nikdy více trupým lodím nebyli nakloněni a v Evropě (a po dobytí nového světa i v Americe) se většinou používaly jen lodě klasické konstrukce. Nyní, na prahu nového tisíciletí, stavitelé lodí za pomoci nejmodernější techniky znovu objevují výhody konstrukce s přidavnými plováky, včetně samotné aplikace při batymetrických měření.

Počítačové simulace a testy ukazují, že loď se štíhlým trupem a dvěma bočními plováky má o 20 % menší odpor vody než loď klasická. Namontujete-li tedy stejný motor do klasické lodě a do trimaranu, popluje trimaran při stejné spotřebě paliva výrazně rychleji. V případě, že se nechcete pohybovat vyšší rychlostí, vám pak stačí k dosažení stejného výkonu méně spotřebované energie.

Konstrukce trimaranu pro batymetrická měření vychází z požadavku na rychlost pořizování dat a stabilitu nosného plavidla. Další významným

požadavkem při návrhu konstrukce trimaránu byla velikost a možnost uskladnění i v kufru menšího vozu. Rozložená trimaránová konstrukce musí umožnit pohodlné složení bez vysokých nároků na zručnost a spoustu nářadí. Složení či rozložení trimaránu může provést jediný člověk pomocí jediného nástroje – imbusového klíče velikost 2.

Další požadavek byl kladen na hmotnost trimaránové konstrukce, aby plovák včetně měřicí aparatury mohl unést jeden člověk a mohl také sám provést kalibraci přístroje RiverSurveyor M9. Na **Obr. 4** je prezentováno první stádium vývoje polo automatizovaného nosného plavidla trimaran.



Obr. 4 – Vývoj nosného plavidla trimaran

Vícetrupá plavidla jsou nejen rychlá, ale díky bočním plovákům také velice stabilní i na rozbourené hladině. V daném případě plní plováky i funkci pro nesení vedlejší pohonné jednotky, které svým umístěním mimo středovou osu lodi zlepšují její ovladatelnost. Další nezanedbatelnou úlohou plováků je ochrana středu plavidla s důležitými a finančně nákladnými systémy.

Plavidlo disponuje v trupu lodi prostorem pro uložení zdrojové baterie, včetně prostoru pro připevnění samotného RiverSurveyor M9 a řídicí jednotky (**Obr. 5**). Baterie zajišťuje napájení obou propelerů a komunikační jednotky plováku.



Vedlejší plováky jsou opatřeny lodními šrouby, které zajišťují pohon plavidla, přičemž dané řešení poskytuje i vysokou ovladatelnost plavidla (**Obr. 6**).

Manévrovatelnost byla upřednostněna před rychlostí pohybu. První verze propelerových pohonů umožňovala rychlost pohybu až $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Při uvážení, že hlavní použití je pro stojaté nebo pomalu tekoucí toky jsme přistoupili ke snížení hodnoty maximální rychlosti. Ke snížení maximální rychlosti nás vedlo ještě pár dalších důvodů. V první řadě to bylo prodloužení doby měření – menší odběr při nižších rychlostech. Vzhledem k frekvenci ukládání dat – 1 Hz není třeba vysokých rychlostí. Při vyšších rychlostech a zvlněné hladině vodní nádrže docházelo k nadsakování trimaranového plováku a ke ztrátě kontaktu měřicí hlavice přístroje RiverSurveyor M9 s vodou.

Další důvod ke snížení rychlosti byla úprava ochrany propelerů – kryty. Potřeba krytů se ukázala při měření v blízkosti břehů, kde byly pod vodou pařezy nebo skalní výběžky. Nárazy na samotný propeler nebo hřidel propeleru byly zpočátku destruktivní. Byly testovány různé tvary a velikosti ochranných krytů. Některé se projevily dobrou ochrannou funkcí, ale měly značný hydraulický odpor, který měl za následek snížení rychlosti a zkrácení doby měření na jedno nabití baterie.

Finální provedení trimaranového plováku a nastavení výkonu motorů propelerů umožňuje dosáhnout maximální rychlost až $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ při počasí bez větrů a vln na vodní ploše. Výdrž baterie při rychlosti okolo $1,2 - 1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ je na jedno nabití až 4 – 5 hodin. Tento provoz umožní proměřit trasu délky až 25 - 30 km na jedno nabití.

Tento způsob ukotvení a vedení RiverSurveyor M9 je vhodný na menší vodní plochy. Plavidlo disponuje konstrukcí splňující vysoké manévrovací požadavky při mapování především příbřežních zón.

K ovládání trimaranu slouží šesti kanálový RC vysílač MZ - 12 HOTT (**Obr. 7**). Jehož hlavní předností je proporcionální řízení, což znamená, že rychlost je možné přidávat plynule či zvolit konstantní rychlost pohybu.



Obr. 5 – Konstrukce trimaranu

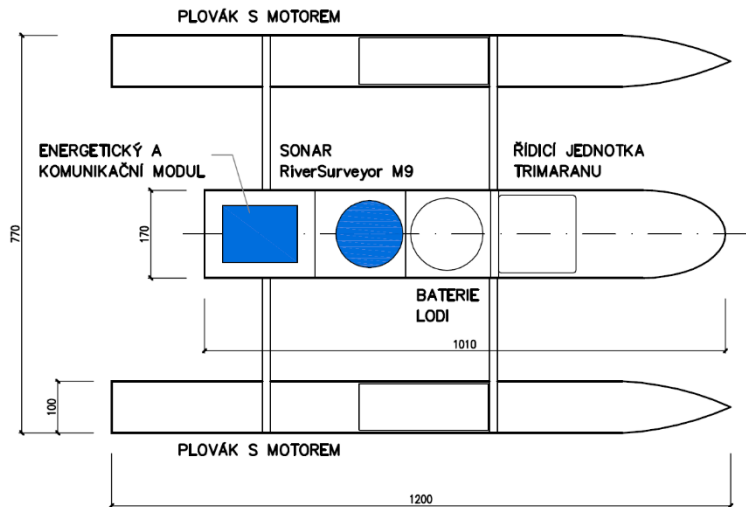


Obr. 6 – Detail lodního šroubu

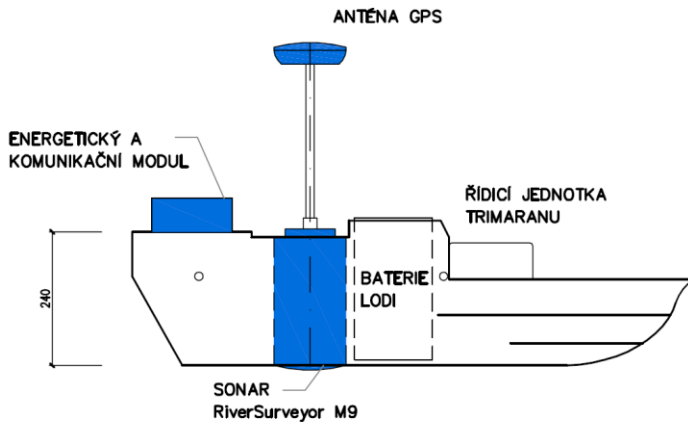


Obr. 7 – Šesti kanálový RC vysílač MZ – 12 HOTT

PŮDORYSNÝ POHLED NA OSAZENÍ PŘÍSTROJŮ DO TRIMARANU



ŘEZ HLAVNÍM TRUPEM LODI



Obr. 8 – Schéma nosného plavidla včetně osazení sonaru M9 do kónického tubusu



Dálkové ovládání je vybaveno navíc potenciometrem, kterým můžeme nastavit „konstantní rychlost“ a pouze jedním joystickem ovládat zatáčení lodi. Tento způsob ovládání je vhodný pro rychlosti nižší než $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Při vyšších rychlostech je pak tento způsob ovládání nevhodný, problém se zatáčením – větší poloměr oblouku.

Technická specifikace trimaranu:

celkové rozměry 1100 x 1 000 mm,

hmotnost bez měřicí techniky a baterie: 6 kg, s baterií: 12 kg,

materiál prototypu: překližka, sklolaminát, kovové jisticí prvky, kabely (napájecí, komunikační).

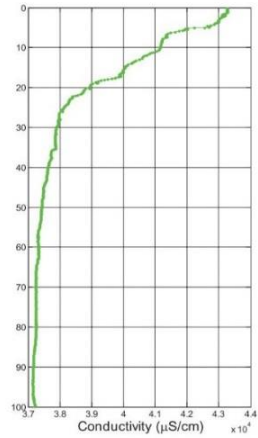
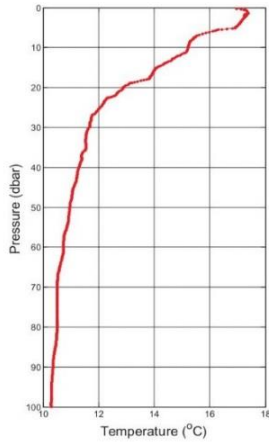


5.5 Teplotní stratifikace

Při batymetrických měřeních je nezbytné proměřovat teplotní stratifikaci vodního sloupce tak, aby bylo možné zahrnout korekci rychlosti zvuku při následném zpracování dat. Pro měření stratifikace je využíváno zařízení CastAway, viz **Obr. 9**, které je od stejného výrobce jako jedno-paprskový sonar a je tak softwarově kompatibilní. Toto zařízení je obvykle spouštěno do vody na proměření teplotní stratifikace v místě největší odhadované hloubky a pak dále v místech, kde se mění charakter nádrže nebo dochází ke změnám teplot díky proudění (spodní výpust'). Přístroj má navíc měření konduktivity, tak je provedena i korekce rychlosti na konduktivitu. Zařízení před ponořením zjistí svou polohu skrze signál GPS, přičemž není potřeba, aby byla vypočítána vyšší polohová a výšková přesnost [28]. Je třeba jen počkat na logování přístroje na síť GPS, na displeji je zobrazen počet připojených/viditelných satelitů. Po připojení je možno přístroj spustit do vody. Přístroj CastAway zaznamenává data s frekvencí 5 Hz. Výsledný teplotní profil spolu s profilem o vodivosti prostředí je pak znázorněn na **Obr. 10**. Data z přístroje je možno přes Bluetooth komunikaci stáhnout do SW CastAway a následně exportovat do SW RiverSurveyor Live nebo SW HydroSurveyor.

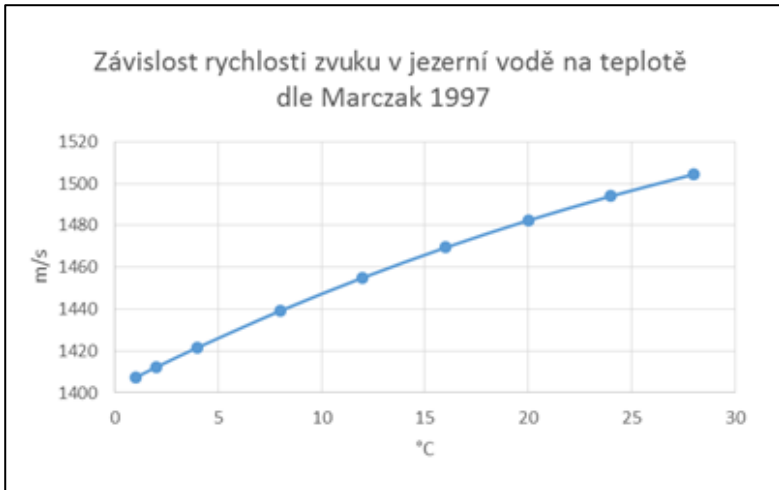
Toto měření není nutné provádět, pokud je měřena nádrž na podzim či na jaře v období její homotermie a jde o nádrž, která nemá stálou termoklinu. V takovém případě pak dostačuje teploměr na samotném těle měřicího zařízení, které bývá ponořeno ve vodním sloupci v rozmezí 7 - 12 cm. V takovém případě dochází ke korekci rychlosti zvuku okamžitě. Teplota vody tedy významně ovlivňuje měření zvláště v případě, kdy je měřena teplota vody jen na sonaru, který je při měření v letním období v prohráté tenké vrstvě a měření probíhá ve vysokých hloubkách. V takovém případě může dojít k chybě v řádu desítek centimetrů a dojde k naměření menší hloubky.

Při atmosférickém tlaku a teplotě 10 °C je v čisté sladké jezerní vodě, ve které nejsou obsaženy žádné jiné rozpuštěné látky ani bubliny rychlost zvuku přibližně 1 450 m/s. Tato rychlost se vzrůstajícím tlakem, teplotou a konduktivitou vzrůstá (**Obr. 11**) [29].



Obr. 9 – Zařízení CastAway.

Obr. 10 – Teplotní profil spolu s profilem o vodivosti

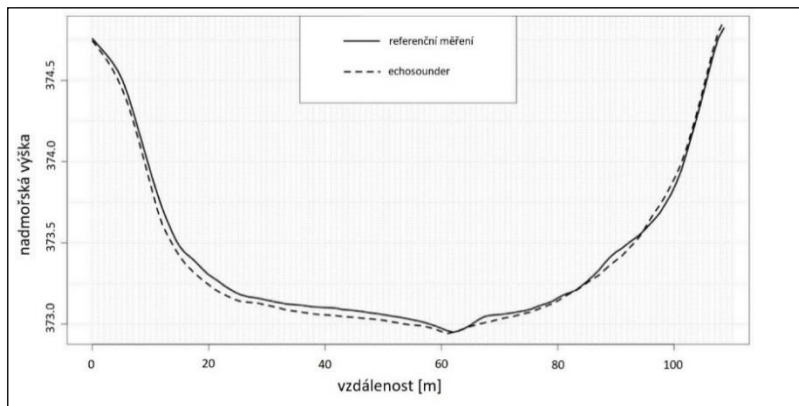


Obr. 11 – Závislost rychlosti zvuku v jezerní vodě na teplotě [28]

5.6 Průběh a ověření přesnosti měření

Přesnost přístroje byla testována v podmínkách České republiky, a to na vybraném příčném profilu MVN Strnad. Na příčném profilu probíhalo souběžné měření jedno-paprscitého sonaru se stanicí GPS1200 Leica, která byla vybavena DGPS (Diferenciální GPS). Přičemž GPS anténa byla namontována na nevodivém soutyčí, které mělo na svém konci patku o velikosti 0,3 m x 0,3 m x 0,004 m. Tato patka zabraňovala soutyčí zaboření se do sedimentu. Výsledky zaměření je možné vidět v grafické podobě na **Obr. 12**, kde křivka *referenční měření* znázorňuje zdroj dat z přístroje Leica a křivka *echosounder* je znázornění dat z přístroje RiverSurveyor M9. Drobné odchylky jsou dané především malým rozstupem měřicích zařízení a také patkou soutyčí měřicího zařízení GPS1200 Leica. Výsledná data byla také statisticky porovnána, kdy korelační koeficient mezi dvěma sledovanými veličinami je 0,998 a Nash Sutcliffe koeficient 0,993 [30].

U přístroje byla zjištěna chybovost u měřené nadmořské výšky. Na přesnost výškové polohy uváděné přístrojem se nelze spolehnout a není možné tyto údaje využívat. Tato hodnota je proto pouze orientační, a pokud to situace vyžaduje, je nezbytné nadmořskou výšku zaměřit pomocí jiného zařízení. Vhodné je pak zaměření například hrany výpustného objektu.



Obr. 12 – Ověření přesnosti batymetrického měření RiverSurveyor M9 [29]

V takovém případě je následně jednoduché kdykoliv odečítat jakýkoliv vodní stav. Některé MVN jsou vybaveny vodočetnou laťí a je k nim dostupná



dokumentace. V takovém případě tento problém odpadá. Vertikální chybu není ani možné vyčíst z dat, které je možné při následném zpracování kontrolovat.

Je však možné provést kontrolu zaměřených dat z hlediska polohové (horizontální) přesnosti a to dle parametru HDOP. Rozsah hodnot přesnosti je ovlivněn rozmístěním družic na hemisféře a nabývá u tohoto přístroje hodnot 0 - 50. Přesnost přístroje je dána vynásobením 6 m, což je hodnota přesnosti přístroje. Tzn. v případě hodnoty 50 HDOP je míra polohové nepřesnosti 300 m. Výrobce udává doporučení smazání dat při hodnotě nad 9 HDOP včetně. V případě měření, které prováděla KVHEM jsou při zpracování dat ponechány pouze hodnoty nepřesahující 2,5 HDOP, přičemž většina hodnot se pohybuje okolo hodnoty 1 HDOP.

Dalším faktorem, který ovlivňuje současné měření je absence softwarového klíče, který přepíná přístroj do módu batymetrického měření. V současné době je tedy využíváno softwaru, který je primárně určen pro měření průtoků a následné stažení dat je tak možné, nicméně náročné. Se softwarovým klíčem na přístroj je tedy možné přepínat režimy z RiverSurveyor (měření průtoků) na HydroSurveyor (batymetrické měření). S touto možnou změnou pak souvisí zdokonalení procesu získávání dat, kdy je možné dopředu naplánovat nevhodnější trasu sběru dat, kterou je pak při samotném měření dále možné kontrolovat. Výhody HydroSurveyor jsou však ve všech stupních procesu získávání dat. V preprocessingu, při měření a v postprocessingu.



6. Popis způsobu testování

V současné době bylo zaměřeno touto technologií více než 25 vodních nádrží. Z tohoto počtu jsou prezentovány výsledky ověřování technologie pro vodní nádrže Hracholusky, Nýrsko, Všerubský rybník, Mydlovarský rybník, Krvavý rybník a úsek vodního toku řeky Vltava u Hluboké nad Vltavou.

Vodní nádrž Hracholusky

Vodní dílo Hracholusky bylo vybudováno na řece Mži zhruba 6 km západním směrem od obce Město Touškov, 20 km západně od města Plzeň. Přehrada byla budována v letech 1959 - 1964 v poměrně úzkém, strmém a často skalnatém údolí (**Obr. 13**).

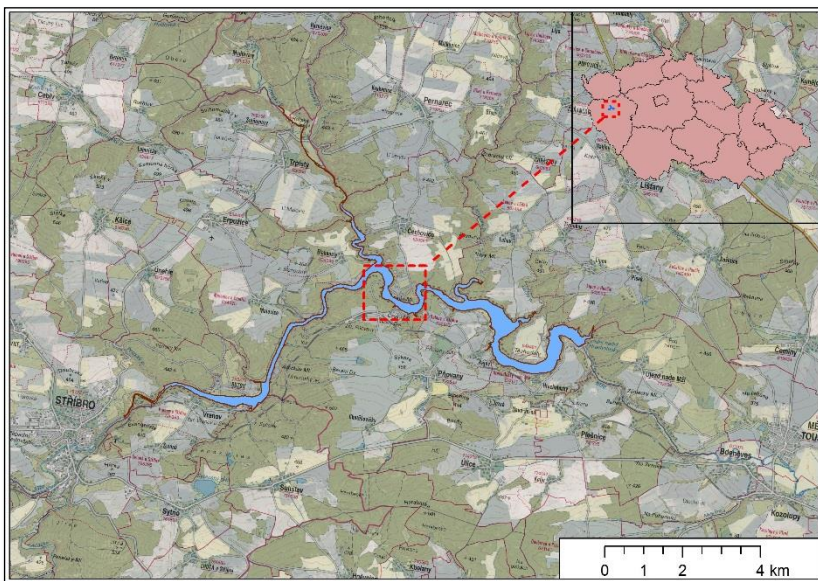
Hlavním účelem bylo akumulovat vodu pro průmyslové, energetické a zemědělské využití v západních Čechách. Dále pak k ochraně před povodněmi a k rekreačnímu užití.

Stavbou přehrady bylo zatopeno několik vesnic. Hráz vodní nádrže je přímá, sypaná, zemní s šikmým jílohlinitým těsněním v návodní části hráze. Návodní líc je před účinky vody a vln chráněn šestibokými betonovými tvárnici.

Délka hráze v koruně je 270 m, šířka 5 m a maximální výška hráze nad terénem 27 m. Celková zatopená plocha činí 410,4 ha. Koryto pod hrázi je v délce 100 m opevněno železobetonovými monolitickými deskami a kamennou dlažbou.

Na hrázi jsou vybudovány dva bezpečnostní přelivy, jeden je korunový boční s dlouhým železo betonovým skluzem, druhý šachtový a jeho koruna je položena o 50 cm výše než přelivná hrana bočního přelivu. Součástí sruženého objektu se šachtovým přelivem jsou také dvě spodní výpusti a malá vodní elektrárna s vertikální Kaplanovou turbínou.

Délka vzdutí VN Hracholusky je 22,5 km, celkový objem činí 56,65 mil. m³ a zatopená plocha se rozkládá na 489,62 ha.



Obr. 13 – Přehledná mapa VN Hracholusky

Batymetrická měřicí kampaň byla provedena ve dnech 11. - 15. 6. 2016. Zaměřena byla pomocí zařízení RiverSurveyor M9 celá zatopená plocha vodní nádrže Hracholusky.

Přípevnění zařízení RiverSurveyor M9 bylo alternováno ve variantách Hydroboard I od firmy SonTek, přípevnění na kajaku a přípevnění na předmětném trimaranu.

Pro vodní nádrž Hracholusky jsou z pohledu morfologie dna vodní nádrže charakteristické výrazné morfologické zlomy - skalní výhozy, zaříznuté údolí, aj. (**Obr. 14**, **Obr. 15**).

Samotné měření bylo komplikováno meteorologickými podmínkami v době měřicí kampaň. Celkem bylo pořízeno 103 725 bodů, které byly podkladem pro navazující analýzy v GIS.

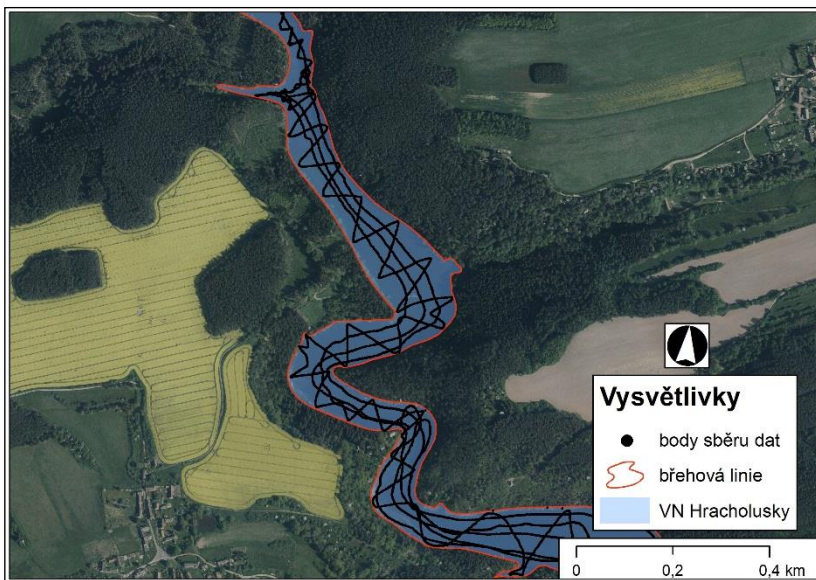
Ukázku pořízených dat technologií RiveSurveyor M9 za pomoci nosného plavidla v podobě trimaranu dokládá **Obr. 16**.



Obr. 14 – Měřicí kampaň na vodní nádrži Hracholusky



Obr. 15 – Měřicí kampaň na vodní nádrži Hracholusky



Obr. 16 – Trajektorie pořizovaných dat VN Hracholusky



Vodní nádrž Nýrsko

Přehrada Nýrsko se nachází na úpatí Šumavy na horním toku Úhlavy nad obcí Nýrsko.

Stavba přehrady probíhala v letech 1965 - 1969. Původním účelem stavby byla akumulace vody, kterou bylo možno intervenčně nadlepšovat průtok v Úhlavě pro plzeňskou úpravnu vody na Homolce, a to i přesto, že se jedná o značnou vzdálenost mezi nádrží a místem spotřeby. Kapacita nádrže je dostačující i pro Klatovsko a Domažlicko (**Obr. 17**).

Záměr postavit novou úpravnu vody blízko přehrady byl schválen v roce 1973 a stavba probíhala v období 1980 - 1986. Tato úpravna vody v Milencích dodává vodu do Klatov, Domažlic a přilehlých oblastí.

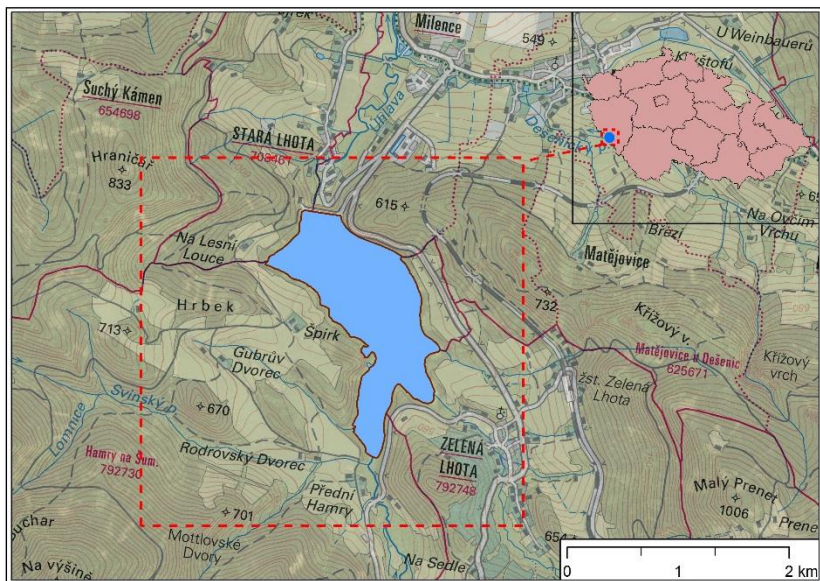
Ze všech nádrží v povodí Berounky je zde nečistší voda a snadno se upravuje na vodu pitnou. Sypaná kamenitá hráz má návodní železobetonový těsnící štít. Vzdušní líc je osázen okrasnými dřevinami a dobře zapadá do okolní přírody. Délka hráze v koruně je 320 m a výška nad terénem 36,2 m. Při levém břehu prochází hrází odpadní a komunikační štola, na jejímž začátku stojí kruhová věž sdruženého objektu, ve které je šachtový přeliv, dvě spodní výpusti a vodárenské odběry.

Dodatečně v roce 1996 byla na každou spodní výpust instalována turbína typu Bánki ČKD. Délka vzdutí je 2,5 km, objem 20,75 mil. m³ a zatopená plocha 148 ha.

Nádrž se nachází ve III. zóně chráněné krajinné oblasti Šumava. Nad nádrží směrem k Hojsově Stráži je přírodní rezervace Úhlavský luh.

Šumava je turisticky velmi atraktivní a vyhledávaná oblast protkaná řadou značených turistických cest i cyklostezek. Úhlava je vyhledávána i vodáky, minimálně 1x ročně se odpouští voda z nádrže pro celostátní organizovanou vodáckou akci.

Plocha povodí odpovídá 80,9 km², průměrný dlouhodobý roční průtok Q_a je 1,450 m³/s, N-letý průtok Q_{100} odpovídá 65,9 m³/s.



Obr. 17 – Přehledná mapa VN Nýrsko.

Batymetrická měřicí kampaň byla provedena ve dnech 7. - 9. 8. 2017. Zaměřena byla pomocí zařízení RiverSurveyor M9 připevněném na trimaranu především oblast sedimentačního kuželu na hlavním přítoku. Avšak varianta připevnění zařízení RiverSurveyor M9 na trimaranu byla na vodní nádrži Nýrsko testována i v oblasti hráze a v západní části vzdutí.

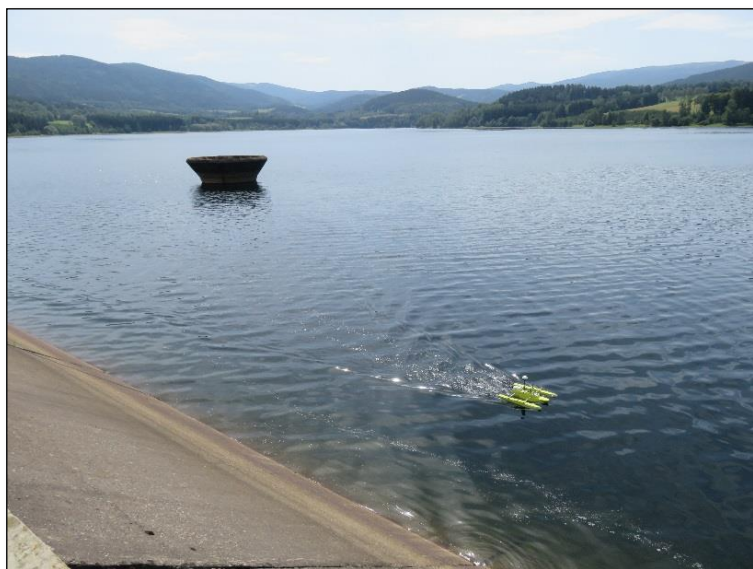
Pro vodní nádrž Nýrsko je z pohledu morfologie dna vodní nádrže charakteristický výrazný strmý sestup ke dnu bez výrazných morfologických zlomů (skalní výhozy, zaříznutá údolí, aj.) v okolí hráze, které přechází do postupného poklesu směrem k ústí nádrže (**Obr. 18**, **Obr. 19**).

Měření probíhalo za ustáleného stavu počasí, přičemž celkem bylo pořízeno 86 513 bodů, které byly podkladem pro navazující analýzy v GIS.

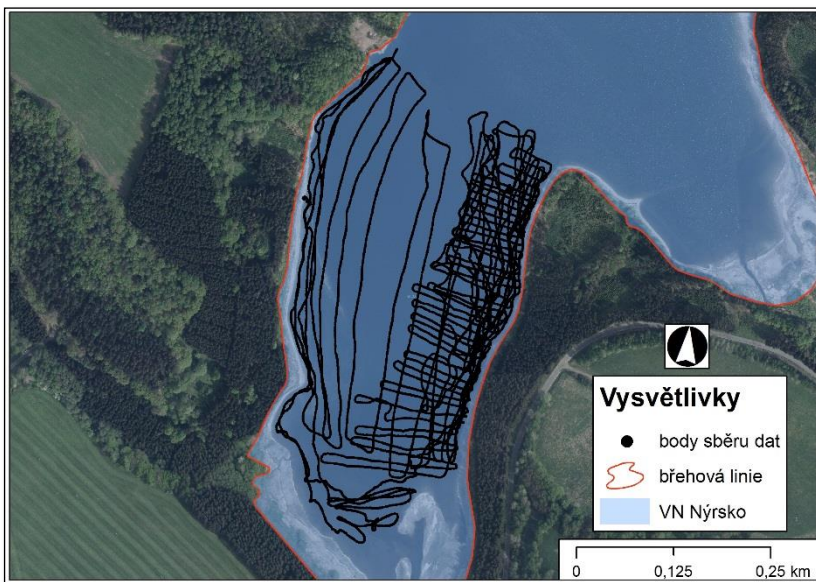
Trajektorie trimaranu u ústí řeky Úhlavy do VN Nýrsko při měřicí kampani je prezentována na **Obr. 20**.



Obr. 18 – Měřicí kampaň na vodní nádrži Nýrsko



Obr. 19 – Měřicí kampaň na vodní nádrži Nýrsko



Obr. 20 – Trajektorie pořizovaných dat u ústí řeky Úhlavy VN Nýrsko

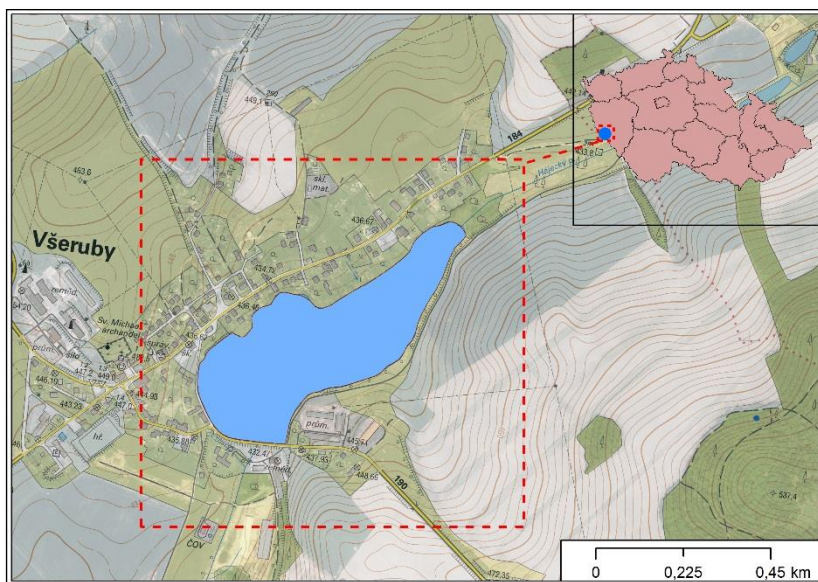
Vodní nádrž Všerubský rybník

Vodní nádrž Všeruby – Všerubský rybník se nachází u obce Všeruby jižně od Domažlic. Je napájena vodním tokem Hájecký potok, který ústí do vodního toku Kouba pokračujícího dále do Německa. Výměra Všerubského rybníka překračuje 16 ha (**Obr. 21**).

Jedná se o MVN s intenzivním chovem ryb, který se zaměřuje na produkci kaprů, amurů, tolstolobiků a štik, přičemž spadá mezi MVN obhospodařované společností Klatovské rybářství, a.s.

Všerubský rybník se nachází na pomezí intravilánu obce Všeruby, přičemž jeho východní část je obklopena zemědělsky využívanými pozemky – orná půda, trvalé travní porosty (**Obr. 22, Obr. 23**).

Vzhledem k intenzivnímu chovu ryb (krmení) a přínosu sedimentu má rybník velmi malé hloubky 1 m, u hráze 3,5 m.



Obr. 21 – Přehledná mapa Všerubský rybník



Obr. 22 – Měřicí kampaň - Všerubský rybník



Obr. 23 – Měřicí kampaň - Všerubský rybník

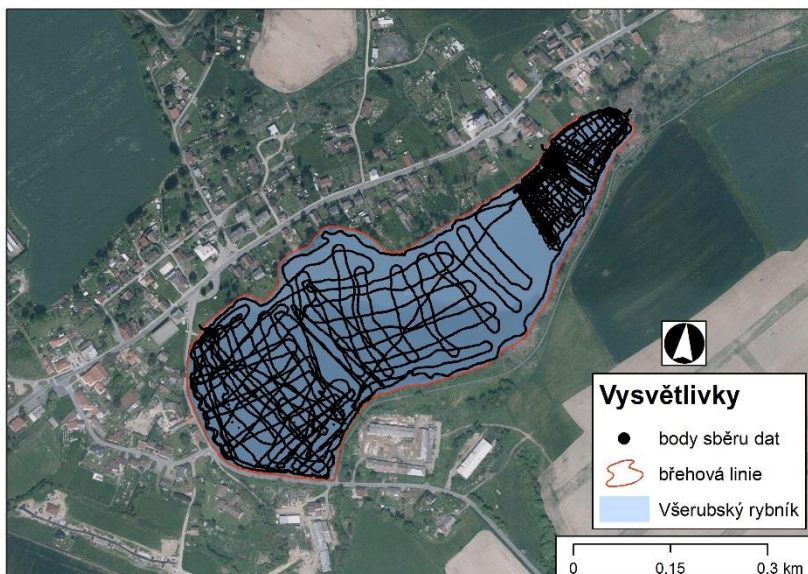
Batymetrická měřicí kampaň byla provedena ve dnech 9. - 12. 9. 2016. Zaměřena byla pomocí zařízení RiverSurveyor M9 celá zatopená plocha vodní nádrže Všeruby (Všerubského rybníka).

Testována byla varianta připevnění zařízení RiverSurveyor M9 na trimaranu a na nosném plavidle Hydroboard I od firmy SonTek.

Pro Všerubský rybník je z pohledu morfologie dna vodní nádrže charakteristická morfologie pro intenzivní rybochovné rybníky, tj. pozvolné břehy s postupným poklesem směrem k hrázi.

Měření probíhalo za ustáleného stavu počasí, přičemž celkem bylo pořízeno 21 961 bodů, které byly podkladem pro navazující analýzy v GIS.

Trajektorie pořízených dat na Všerubském rybníku jsou prezentovány na **Obr. 24.**



Obr. 24 – Trajektorie pořízených dat na Všerubském rybníku

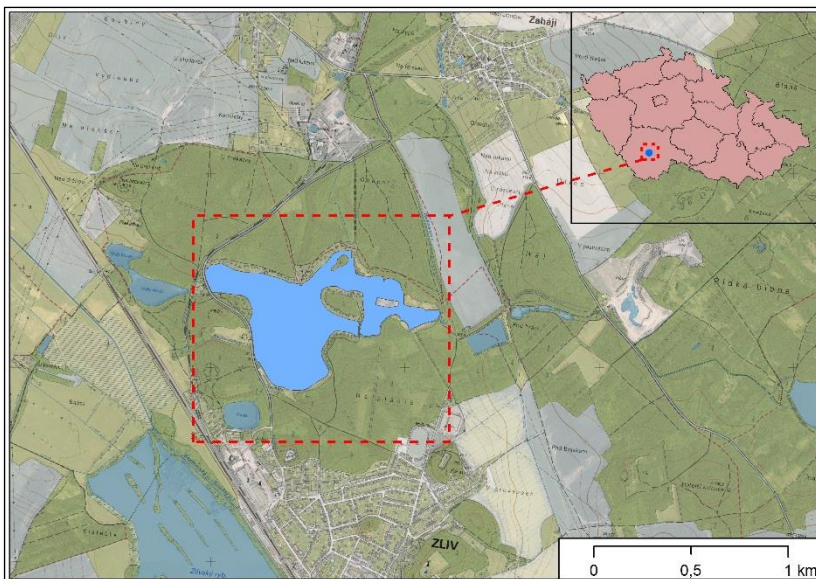
Vodní nádrž Mydlovarský rybník

S rozlohou 41,86 ha spadá stejně jako rybník Jaderný do katastru obce Zliv. V roce 1974 - 1976 byla jeho plocha zvětšena díky odtěžení sedimentů a starých deponií.

Po povodních v roce 2002 se zde propadla hráz a bylo nutné přistoupit k celkové rekonstrukci výpustního zařízení a hráze. Poloha a členitost Mydlovarského rybníka je prezentována na **Obr. 25**.

Pro Mydlovarský rybník jsou typické travnaté a písčité pláže, přičemž okolí vodní nádrže je obklopeno smíšeným lesem. Díky poměrně dobré kvalitě vody je oblíbeným letním koupalištěm (**Obr. 26, Obr. 27**).

Napájen je z Mydlovarského potoka, přičemž přes rybník Pacák a Velký Knapr je voda odváděna do Bezdrevského potoka.



Obr. 25 – Přehledná mapa Mydlovarský rybník



Obr. 26 – Měřicí kampaň - Mydlovarský rybník



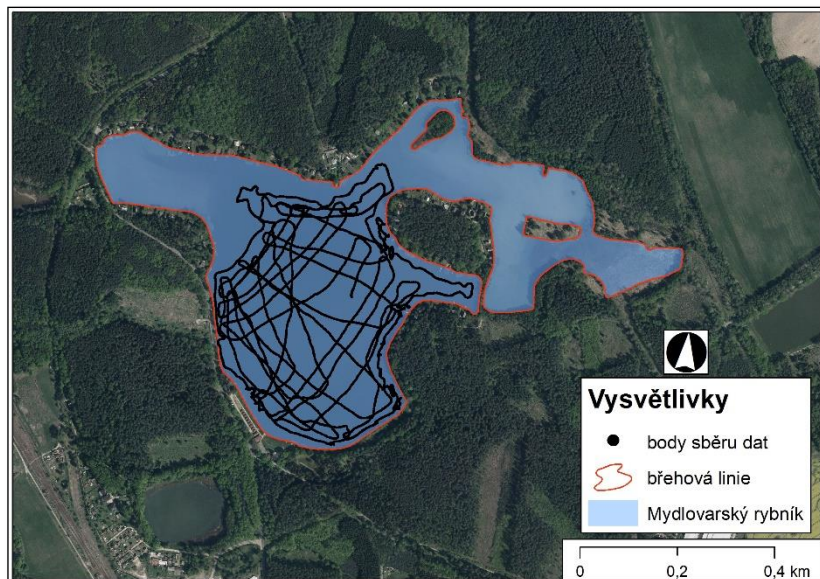
Obr. 27 – Měřicí kampaň - Mydlovarský rybník

Batymetrická měřicí kampaň byla provedena ve dnech 20. - 23. 5. 2016. Zaměřena byla pomocí zařízení RiverSurveyor M9 zhruba polovina zatopené plochy Mydlovarského rybníka. Měřicí kampaň probíhala v období, kdy hladina rybníka byla cca 1,5 m pod stavem (rybník byl částečně vypuštěn).

Přípevnění zařízení RiverSurveyor M9 na nosném plavidle bylo alternováno ve variantách Hydroboard I od firmy SonTek, a přípevnění na předmětném trimaranu.

Pro Mydlovarský rybník je z pohledu morfologie dna vodní nádrže charakteristický pravidelný pozvolný přechod se sklony 1 : 5 (1:10), což nevyžaduje vysokou hustotu pořizovaných dat.

Samotné měření bylo prováděno za stabilního počasí s mírně zaklesnutou hladinou oproti stavu normální hladiny. Celkem bylo pořízeno 13 817 bodů, které byly podkladem pro navazující analýzy v GIS (**Obr. 28**).



Obr. 28 – Trajektorie pořízených dat na Mydlovarském rybníku.



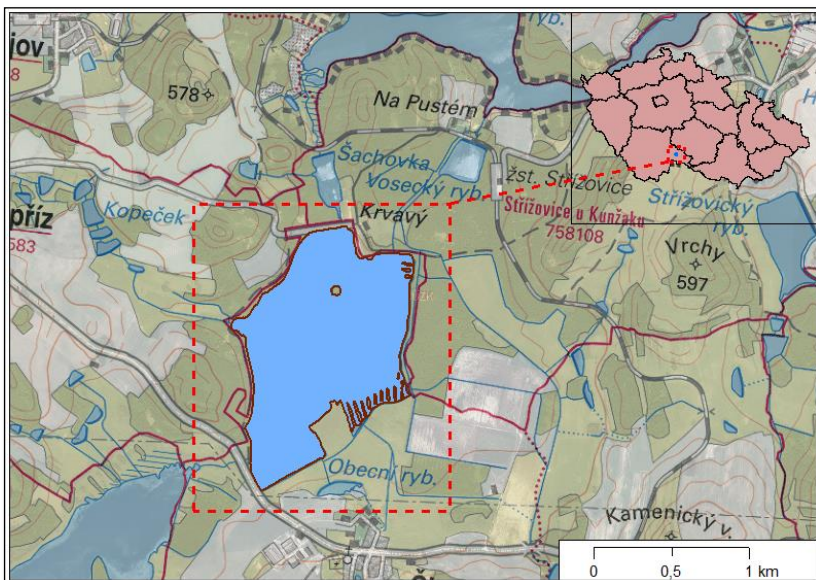
Vodní nádrž Krvavý rybník

První písemná zmínka o Krvavém rybníku pochází z roku 1497. Roku 1550 přešel na základě bratrského dělení mezi Jáchymem a Zachariášem z Hradce na panství Telč. V tu dobu se zde učil ve vyměřování rybníků Florián Pravětický z Radvanova, rybníkáře Zachariáše z Hradce, který se později stává hejtmanem panství. Byl to právě pan Pravětický, který nechal původní hráz prokopat a vystavět novou. Dosáhl tím zatopení větší části neúrodných blat v okolí Člunku.

Veškeré práce na rybníku byly provedeny v letech 1572 - 1574 a to do podoby, jak jej známe dnes. Před rozšířením měl rybník název Zármutek ve znamení smutku Zachariáše z Hradce, kterému zemřela choť Kateřina z Valdštejna (†1571). Název se neujal a vžil se název Krvavec nebo Krvavý podle spodku dna mírně zbarveného do červena.

Zemní hráz má délku 490 metrů. Zároveň se vybuodovala i druhá hráz, která zabraňovala vytékání vody do dnešního Kačležského rybníka (**obr. 29**). Na rybníce lze také shlédnout ostrov, který před více jak 130 lety obdivoval velice známý malíř Antonín Chittussi. Ten zachytil r. 1886 tehdejší malebnou scenérii rybníka a přilehlého rašeliniště na plátne.

Plocha nádrže dosahuje 117,8 ha, celkový objem 635 tis. m³. Největší hloubka dosahuje 3 m.



Obr. 29 – Přehledná mapa Krvavý rybník

Batymetrická měřicí kampaň byla provedena ve dnech 3. - 5. 5. 2017. Zaměřena byla pomocí zařízení RiverSurveyor M9 západní část vodní nádrže.

Připevnění zařízení RiverSurveyor M9 bylo provedeno na předmětném trimaranu.

Pro vodní nádrž jsou charakteristické mělké pasáže, kdy největší hloubka dosahuje 3 m. Z pohledu morfologie dna vodní nádrže je charakteristický pravidelný pozvolný přechod bez výrazných morfologických zlomů (**Obr. 30, Obr. 31**).

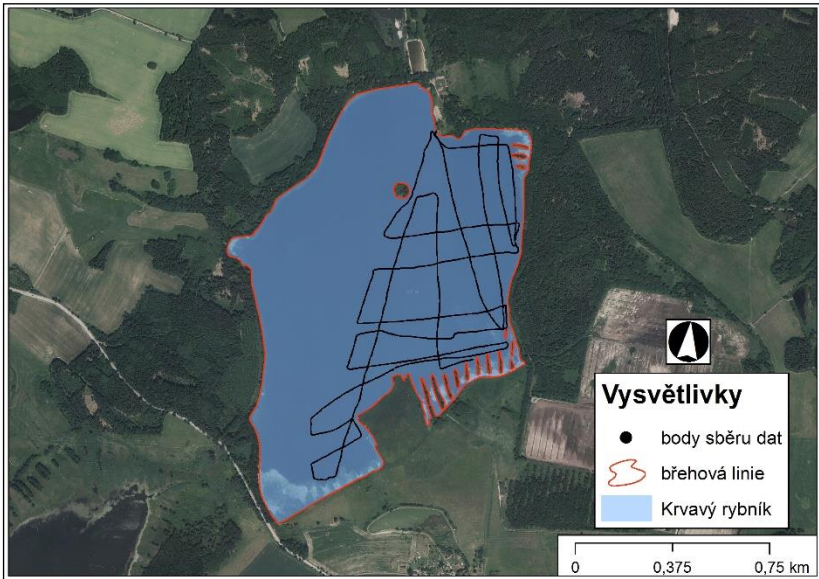
Samotné měření bylo prováděno za stabilních meteorologických podmínek a normálního stavu vodní hladiny. Celkem bylo pořízeno 5 211 bodů, které byly podkladem pro navazující analýzy v GIS (**Obr. 32**).



Obr. 30 – Měřicí kampaň - Krvavý rybník



Obr. 31 – Měřicí kampaň - Krvavý rybník

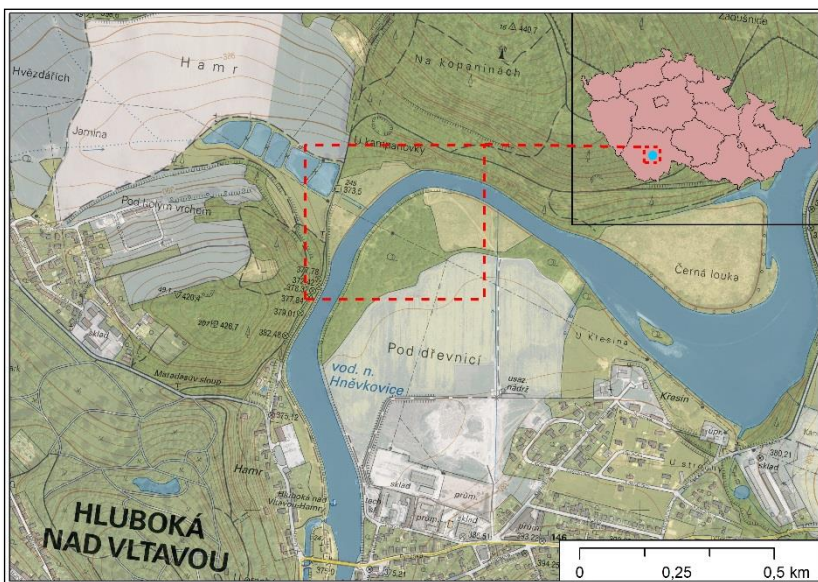


Obr. 32 – Trajektorie pořizovaných dat na Krvavém rybníku.

Vodní tok Vltava u Hluboké n. Vltavou

Pro monitorovací kampaň na vodním toku byl vybrán úsek na řece Vltavě od obce Bavorovice, přes Hlubokou nad Vltavou a dále po proudu, kde je již tok ovlivněn vzduším VN Hněvkovice (**Obr. 33**).

Jedná se o úsek v celkové délce 6 km s maximální hloubkou 4 m. Vybraný úsek představuje poměrně proměnlivou oblast z hlediska reliéfu. V počátečním zaměřovaném úseku, před Hlubokou nad Vltavou, řeka protéká rovinatou oblastí Českobudějovické pánve (**Obr. 34, Obr. 35**).



Obr. 33 – Přehledná mapa Vltava



Obr. 34 – Měřicí kampaň – Vltava



Obr. 35 – Měřicí kampaň – Vltava

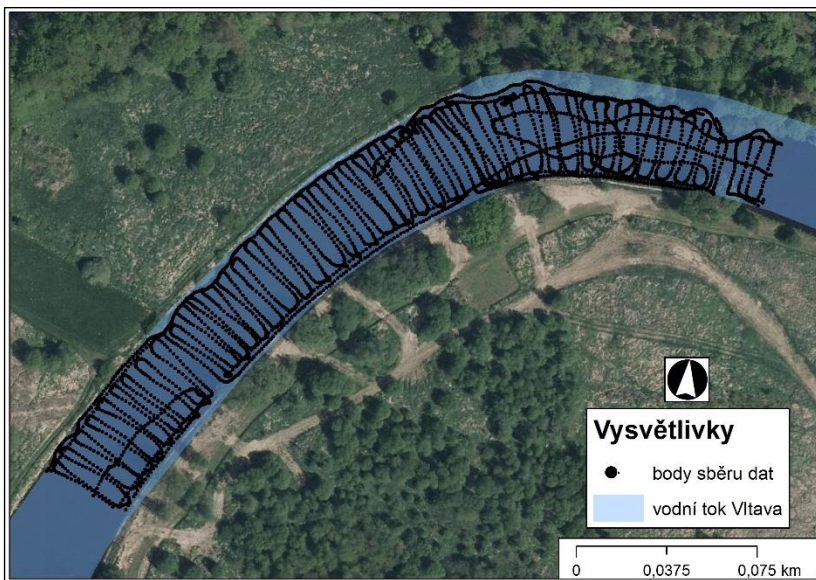
Batymetrická měřicí kampaň byla provedena ve dnech 27. - 30. 7. 2016. Zaměřen byl pomocí zařízení RiverSurveyor M9 předmětný šestikilometrový úsek vodního toku Vltava.

Přípevnění zařízení RiverSurveyor M9 bylo provedeno na předmětném trimaranu, pro který daný úsek představoval ideální místo pro pořizování batymetrických dat z pohledu vedení nosného plavidla.

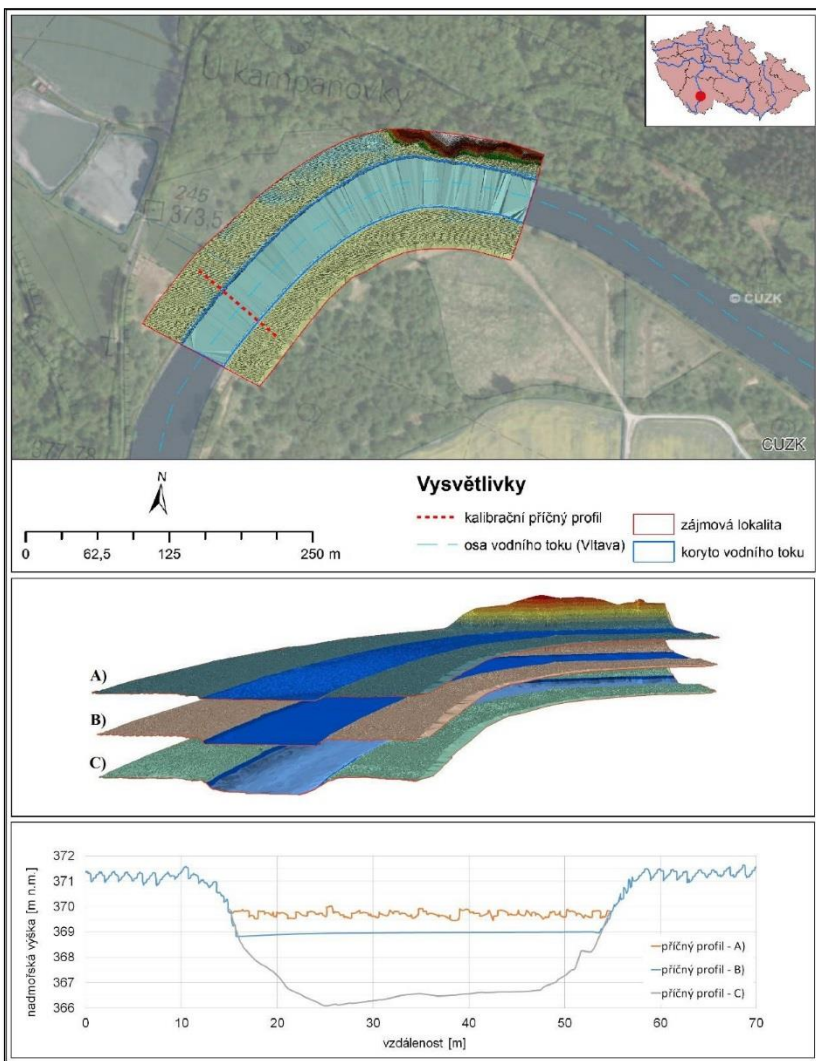
Pro předmětný úsek vodního toku Vltavy jsou charakteristické relativně strmé břehy s následným plochým dnem, přičemž největší hloubka dosahuje 4 m.

Samotné měření bylo prováděno za stabilních meteorologických podmínek a normálního stavu vodní hladiny. Celkem bylo pořízeno 7 356 bodů, které byly podkladem pro navazující analýzy v GIS.

Dosažené poznatky jsou prezentovány na **Obr. 36**, resp. **Obr. 37**, kde jsou prezentovány výsledky z kalibračního profilu.



Obr. 36 – Trajektorie při kampani na vodním toku Vltava.



Obr. 37 – Kalibrační profil – vodní tok Vltava

Pro srovnání dosažených výsledků byly v jednotlivých lokalitách provedeny srovnávací analýzy jednotlivých referenčních měření. Pro dané analýzy bylo použito dat LLS (profil A), metody dat letového batymetrického laserového skenování (profil B) a dat, která byla získána pomocí zařízení RiverSurveyor M9 (profil C).



7. Zdroje doplňkových dat

DMR

Při tvorbě plošných spojitých výstupů (izobáty, digitální model terénu) z batymetrických dat, tedy převádění bodových dat do plochy je vhodné využít již jinak získaná zaměřená data jako je DMR 5G, která lze získat z ČÚZK. Tato doplňková data jsou důležitým zdrojem informací pro tvorbu přesného DMR dna nádrže. Při vyhodnocování jednotlivých měření se ukázalo, že hladina jednotlivých měřených nádrží není vždycky stejná a chybějící data o břehové linii mají často za následek zvýšení chyby, která vzniká při matematickém modelování povrchu dna pomocí vybraných interpolačních technik. Vhodnost výběru matematického modelu je součástí stávajícího výzkumu KVHEM.

DIBAVOD

DIBAVOD je zdroj vektorových dat, která mimo jiné obsahují informace o tocích či nádržích a jsou veřejně dostupné. Z těchto dat je možné vyčíst nejen hrubé břehové linie, ale také informace vhodné pro identifikaci měřených objektů, jakož i rozlohy zatopených ploch. Tyto údaje lze vyčíst přímo v atributových tabulkách, které jsou v datových vrstvách obsaženy. Další výhodou práce s takovými vrstvami je jednoduché filtrování pomocí SQL dotazů, které je vhodné použít v případě plánování zaměření větší rybníční soustavy a vytvoření plánu jejího zaměření.

Manipulační a provozní řád

Pokud jsou k dispozici data z manipulačního a provozního řádu nádrže, je vhodné k těmto datům přihlédnout. Jestliže je součástí dokumentace výkres se známými nadmořskými výškami, je možné kóty důležitých objektů využít při zaměření nadmořské výšky hladiny v případě aktuálního měření. V případě známé celkové situace nádrže před výstavbou je možné popsat změny charakteru údolí způsobené přítomností nádrže, kde převládá odlišný typ eroze oproti období předchozímu nebo popsat rychlosti zanášení. Pokud dokumentace obsahuje vrstevnicovou mapu s návrhem vodní nádrže lze mapu vektorizovat a následně využít k popsání geneze a dynamiky sedimentů.



8. Výhody a omezení

Sběr dat pomocí upraveného kompozitního trimaranu nabízí řadu výhod, které předurčují jeho širší využití. Ve vazbě na charakter monitorovaných vodních nádrží a toků je nutné rovněž reflektovat omezení, která je nutné zohlednit u prováděných měření.

Výhody:

- **možné měření na místech, kde není povoleno motorové plavidlo** - na některých nádržích se není možné pohybovat s motorovým plavidlem z důvodu ochrany jakosti vody (vodárenské nádrže).
- **Trimaran nelimituje zařízení v rozsahu měření a umožňuje proměření měřčin.**
- Nosné plavidlo (trimaran) je **navrženo jako nevodivé** (nedochází k ovlivnění pořizovaných dat - data jsou pořizována pomocí zvuku).
- **Cenová dostupnost** oproti autonomnímu plavidlu (autonomní plavidla jsou nákladným elektronickým zařízením).
- **Váha** trimaranu je přibližně 15 kg, proto jej může přenášet jedna osoba, která dokáže na místě měření s přístrojem v lodi provést cca dvouminutovou kalibraci kompasu.
- **Samostatný způsob měření batymetrických dat**, kdy součásti zařízení dokáže v průběhu měření obsluhovat jedna osoba.
- **Nízký ponor**, kdy lze dosáhnout plného využití rozsahu přístroje.
- **Vysoká operabilita a schopnost měřit i v mělkých vodách** - je možné jít až na hranici, kdy je samotná měřicí aparatura schopná data zaznamenávat (0,2 m). Na malé vodní nádrže není ve většině případů možné použít měřících zařízení, které používají Podniky povodí, jelikož jejich využití vyžaduje parametry (zpevněný vjezd do vody a minimální hloubku 1 m), které nejsou na všech MVN k dispozici.
- **Konstrukce systému uchycení** - díky konstrukci šachty, do které se vkládá tělo M9 není potřeba toto tělo jiným způsobem jistit. Pro



ostatní komponenty umístěvané přímo na trimaranu (energetický a komunikační modul) jsou připraveny na míru úchyty.

Nevýhody:

- **časová náročnost pořizování datových sad** - omezení na malé vodní nádrže, resp. zvýšená časová náročnost při mapování rozlehlějších vodních nádrží.



9. Ekonomické a inovativní přínosy

V současné době klimatických změn jsou často zmiňovány funkce MVN. V případě sucha mají zavlažovací a vyrovnávací funkci, i když nikdy nemohou suplovat infiltrační schopnosti dobře obhospodařované půdy. V opačném případě, tedy za povodní, mají transformační a ochrannou funkci. Bylo by vhodné s ohledem na to, že ekonomicky nejvýhodnější a nejdůležitější je zadržet vodu tam, kde spadne, se začít soustředit na velmi malé MVN a na analýzu jejich skutečných retenčních či vyrovnávacích funkcí. K poznání zákonitostí v různých geomorfologických, klimatických a různě obhospodařovaných systémech ČR je potřeba znát základní vstupní údaje, jako je skutečný a potenciální maximální objem vody zadržovaný v MVN, popřípadě zhodnocení míry zanesení nádrží. V současné době dochází k tomuto zhodnocení často až po vypuštění nádrže nebo jen z malého množství bodů, což s sebou nese velkou míru chybovosti. Tato míra chybovosti pak může být započítána při cenové kalkulaci nákladů na odbahnění a může tak být výrazně nadhodnocena výsledná cena odbahnění.

U většiny současných technologií dostupných pro měření batymetrie není možné proměřovat litorální pásma, břehovou čáru či přednádrže určené pro zadržení sedimentu v toku nad nádrží. Přednádrže mohou v případě částečného zanesení budit dojem homogenního zaplnění sedimentem. V takovém případě bývá přikročeno k těžbě sedimentu a přitom těžba může být předčasná. Touto technologií je možné se skrze měřičinu dostat do míst, která ještě zanesena nejsou a upřesnit tak zbývající kapacitu přednádrže.



10. Souhrn a závěr

Technologie sběru batymetrických dat pomocí sonaru jistě není nová technologie. Tato technologie byla vyvinuta v minulém století, nicméně je v současné době dotazena do stavu, kdy je její použití tzv. nákladově efektivní, a proto by bylo vhodné její rutinní zahrnutí do systému péče o naši krajinu. Vždyť problém eroze, jedné z nejcennějších komodit na Zemi - půdy, nezmizel s přechodem k novému politickému systému. V současné době je bohužel u nás stále nakládáno se zemědělskou půdou tak jako nakládají lidé s věcmi, které chtějí kvůli financím jen vytěžit. Toto paradigma částečně mohou změnit i vlastníci vodních nádrží, kteří budou znát vztahy a toky energie v rámci povodí. Rovněž budou poukazovat na destrukci svých nádrží, která pramení z nevhodného hospodaření na polích, která jsou na povodí nad nádrží. Výše představená technologie má všechny aspekty pomoci vytvořit v tomto prostředí zdravý vztah.



Literatura

- [1] VRÁNA, K., BERAN, J. (2013): Rybníky a účelové nádrže. Praha: ČVUT, ISBN 9788001040027.
- [2] PIMENTEL, D., BURGESS, M. (2013): Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture* 2013, 3, str. 443-463, doi:10.3390/agriculture3030443. [Citace: 21. 6. 2017], dostupné z: <<https://www.bmbf.de/files/agriculture-03-00443.pdf>>.
- [3] WALLING E. D. FOR THE INTERNATIONAL SEDIMENT INITIATIVE OF UNESCO-IHP (2009): The impact of global change on erosion and sediment transport by rivers: current progress and future challenges. Paris, France: Unesco, 2009. ISBN 9789231041358. [Citace: 21. 6. 2017], dostupné z: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001850/185078E.pdf>>.
- [4] ISSAKA, S., ASHRAF, A. M. (2016): Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Journal: Geology, Ecology, and Landscapes*, Volume 1, 2017, str.1-11 [Citace: 21. 6. 2017], dostupné z: <<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/24749508.2017.1301053?needAccess=true>>.
- [5] BELL, F. G. (1998): *Environmental geology: principles and practice*. Malden, MA: Blackwell Science, ISBN 0865428751.
- [6] KUBINSKÝ, D., FUSKA, J., WEIS, K., LEHOTSKÝ, M., (2013): Zmeny akumuláčního objemu vodných nádrží Veľká Richňavská a Malá Richňavská. *ACTA HYDROLOGICA SLOVACA*. 2013, Sv. 14, č. 2, stránky 402-413.
- [7] PECHAR L. (2015): Století eutrofizace rybníků - synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůst rybích obsádek. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 1-6s.
- [8] BRÁZDIL, K. (2009): Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky. *Geodetický a kartografický obzor*, 2009, ročník 55 (97), č. 7, s. 145-151.
- [9] DOLANSKÝ, T. (2004): Lidary a letecké laserové skenování. *Acta Universitatis Purkynianae*, 99, *Studia geoinformatica*, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2004, ISBN 80 - 7044 - 575 - 0.



-
- [10] UHLÍŘOVÁ, K., ZBOŘIL, A. (2009): Možnosti využití laserového snímání povrchu pro vodohospodářské účely. *Vodní hospodářství*, 2009, ročník 59, č.12, s. 11 - 15.
- [11] COLBO, K., ROSS, T., BROWN, C., WEBER, T., (2014): A review of oceanographic applications of water column data from multibeam echosounders. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 145, 41–56. doi:10.1016/j.ecss.2014.04.002.
- [12] COSTA, B.M., BATTISTA, T. A., PITTMAN, S.J., (2009): Comparative evaluation of airborne LiDAR and ship-based multibeam SoNAR bathymetry and intensity for mapping coral reef ecosystems. *Remote Sens. Environ.* 113, 1082–1100. doi:10.1016/j.rse.2009.01.015.
- [13] LOCKHART, D., SAADE, E., WILSON, J., (2001): New Developments in Multi-beam Backscatter Data Collection and Processing. *Mar. Technol. Soc. J.* 35, 46–50.
- [14] POKORNÁ, M., (2004): EM 2000 Microbathymetric and HYDROSWEEP DS-2 Bathymetric Surveying – a Comparison of Seafloor Topography at Porcupine Bank, west of Ireland. Czech Technical University Faculty of Civil Engineering.
- [15] SCHMITT, T., MITCHELL, N.C., RAMSAY, A. T.S., (2008): Characterizing uncertainties for quantifying bathymetry change between time-separated multibeam echo-sounder surveys. *Cont. Shelf Res.* 28, 1166–1176. doi:10.1016/j.csr.2008.03.001.
- [16] FURNANS, J., AUSTIN, B., (2008): Hydrographic survey methods for determining reservoir volume. *Environ. Model. Softw.* 23, 139–146. doi:10.1016/j.envsoft.2007.05.011.
- [17] KUBINSKÝ, D., FUSKA, J., WEIS, K., LEHOTSKÝ, M., (2013): *Acta hydrologica slovacica. Acta Hydrol. slovacica* 14, 402–413.
- [18] NORMANDEAU, A., LAJEUNESSE, P., PHILIBERT, G., (2013): Late-Quaternary morphostratigraphy of Lake St-Joseph (southeastern Canadian Shield): Evolution from a semi-enclosed glacial-marine basin to a postglacial lake. *Sediment. Geol.* 295, 38–52. doi:10.1016/j.sedgeo.2013.07.005.
- [19] WEIS, K., KUBINSKÝ, D., (2014). Analýza zmien objemu halčianskej vodnej nádrže vplyvom erózie ako podklad pre manažment v povodí. *Geogr. ČGS* 119, 126–144.
-



-
- [20] WILSON, R., BATES, C.R., (2012): Lake sonar surveys and the search for sub-fossil wood. *Dendrochronologia* 30, 61–65. doi:10.1016/j.dendro.2011.05.001.
- [21] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR, (2006): Voda v ČR do kapsy, Ministerstvo zemědělství české republiky. Praha.
- [22] BUBÍK, M., BÍL, M., (2001): Předběžné výsledky sedimentologického studia přehradních sedimentů nádrží Horní Bečva (Beskydy) a Pastviny (Orlické Hory) 94–98.
- [23] NOVÁK, P., ROUB, R., VYBÍRAL, T., V., MARVAL, Š., HEJDUK, T., BUREŠ, L. (2017): Letecké topo-batymetrické laserové skenování – pilotní testování v klimatických podmínkách České republiky, *Geodetický a kartografický obzor*, 2017, roč. 63/105, číslo 10, ISSN: 1211-0760.
- [24] SEABEAM (2000): Multibeam sonar - Theory of operation. L-3 Communications SeaBeam Instrument, 141 Washington Street, East Walpole, MA 02032-1155.
- [25] Povodí Vltavy (2014): Vyměřovací loď Valentýna II. [Citace: 21. 10. 2017], dostupné z: <<http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vymerovaci-lode/valentyna>>.
- [26] OceanInstruments (2014): Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). [Citace: 21. 10. 2017], dostupné z: <<http://whoi.edu/instruments/viewInstrument.do?id=819>>.
- [27] SonTek a Xylem brand, (2013): RiverSurveyor S5 / M9 System Manual.
- [28] Castaway-ctd, T., Principles, P.T.C., Manual, C.U., 2010. CastAway-CTD Principles of Operation.
- [29] MARCZAK, W. (1997): Water as a standard in the measurements of speed of sound in liquids. *The Journal of the Acoustical Society of America* 102, 2776 (1997); doi: <<http://dx.doi.org/10.1121/1.420332>>.
- [30] HRADILEK, V., BAŠTA, P., VIZINA, Š., MÁČA, P., PECH, P. (2015): Verification of remote sensing data for measuring bathymetry on small water reservoirs. In 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2015, Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing 18. 06. 2015, Albena, Bulgaria. Sofia, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd., 2015. pp 1219–1226.
-



Seznam obrázků

- Obr. 1 – Acoustic doppler current profiler (HydroSurveyor).
- Obr. 2 – Součásti a využití měřicí aparatury.
- Obr. 3 – Hydroboard I / II od firmy SonTek.
- Obr. 4 – Vývoj nosného plavidla trimaran.
- Obr. 5 – Konstrukce trimaranu.
- Obr. 6 – detail lodního šroubu.
- Obr. 7 – Šesti kanálový RC vysílač MZ - 12 HOTT.
- Obr. 8 – Schéma nosného plavidla trimaran.
- Obr. 9 – Zařízení CastAway.
- Obr. 10 – Teplotní profil spolu s profilem o vodivosti.
- Obr. 11 – Závislost rychlosti zvuku v jezerní vodě na teplotě.
- Obr. 12 – Ověření přesnosti batymetrického měření RiverSurveyor M9.
- Obr. 13 – Přehledná mapa VN Hracholusky.
- Obr. 14 – Měřicí kampaň na vodní nádrži Hracholusky.
- Obr. 15 – Měřicí kampaň na vodní nádrži Hracholusky.
- Obr. 16 – Trajektorie pořízených dat VN Hracholusky.
- Obr. 17 – Přehledná mapa VN Nýrsko.
- Obr. 18 – Měřicí kampaň na vodní nádrži Nýrsko.
- Obr. 19 – Měřicí kampaň na vodní nádrži Nýrsko.
- Obr. 20 – Trajektorie pořízených dat u ústí řeky Úhlavy VN Nýrsko.
- Obr. 21 – Přehledná mapa Všerubský rybník.
- Obr. 22 – Měřicí kampaň - Všerubský rybník.
- Obr. 23 – Měřicí kampaň - Všerubský rybník.
- Obr. 24 – Trajektorie pořízených dat na Všerubském rybníku.
- Obr. 25 – Přehledná mapa Mydlovarský rybník.
- Obr. 26 – Měřicí kampaň - Mydlovarský rybník.
- Obr. 27 – Měřicí kampaň - Mydlovarský rybník.
- Obr. 28 – Trajektorie pořízených dat na Mydlovarském rybníku.
- Obr. 29 – Přehledná mapa Krvavý rybník.
- Obr. 30 – Měřicí kampaň - Krvavý rybník.
- Obr. 31 – Měřicí kampaň - Krvavý rybník.
- Obr. 32 – Trajektorie pořízených dat na Krvavém rybníku.
- Obr. 33 – Přehledná mapa Vltava.
- Obr. 34 – Měřicí kampaň - Vltava.
- Obr. 35 – Měřicí kampaň - Vltava.
- Obr. 36 – Trajektorie při kampani na vodním toku Vltava.
- Obr. 37 – Kalibrační profil - vodní tok Vltava.



Dedikace

Ověřená technologie vznikla za finanční podpory Technologické agentury ČR, programu ALFA a jako plánovaný výstup projektu č. TA04020042 „Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží pro stanovení jejich zásobních kapacit a sledování množství a dynamiky sedimentů“.

Jména oponentů

Odborník z daného oboru:

Ing. Martin TOMEK
Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
Oddělení plánování a koncepcí
Nábřeží 4, 150 56 Praha 5 – Smíchov
Tel.: + 420 732 532 225 / +420 257 110 347
E-mail: tomek@vrv.cz
<http://www.vrv.cz>

Odborník ze státní správy:

Ing. Marie KURKOVÁ, Ph.D.
Ministerstvo zemědělství ČR
Odbor vodohospodářské politiky a protipovodňových opatření
Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1
Tel.: +420 605 513 963
E-mail: kurkova.marie@mze.cz
www.eagri.cz



Kontakty na osoby předkladatele ověřené technologie

Ing. Jiří Hlaváček
AQUAMONITORING, s.r.o.
Jedovnická 2346/8
628 00 Brno - Líšeň
Tel.: +420 541 211 092
Mobil: +420 732 165 372
jiri.hlavacek@aquamonitoring.cz
www.aquamonitoring.cz

Ing. Václav Hradílek
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchdol
Tel.: +420 224 382 154
Mobil: +420 731 510 663
hradilek@fzp.czu.cz
www.fzp.czu.cz

Ing. Štěpán Marval
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchdol
Mobil: + 420 724 396 312
marval@fzp.czu.cz
marval.stepan@vumop.cz
www.fzp.czu.cz
www.vumop.cz



Seznam publikací, které předcházely zpracování ověřené technologie a

Postery

HLAVÁČEK, J., VELÍSKOVÁ, Y., MARVAL, Š., HEJDUK, T., SOČUVKA, V., DUŠEK, P., NOVÁK, P. (2017): Batymetrické měření na vodárenské nádrže Nýrsko přístrojovým vybavením na bázi echosounderu, poster, Vodní toky 2017.

HRADÍLEK, V., BAŠTA, P., VIZINA, Š., MÁCA, P., PECH, P. (2015): Verification of remote sensing data for measuring bathymetry on small water reservoirs. In 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2015, Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing 18. 06. 2015, Albena, Bulgaria. Sofia, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd., 2015. pp 1219–1226.

HRADÍLEK, V., BAŠTA, P., HEJDUK, T., MÁCA, P., ROUB, R. (2015) : Výsledky batymetrických měření pomocí echosoundingu v rámci projektu TAČR TA04220042, poster, Vodní nádrže 2015.

MARVAL, Š., VELÍSKOVÁ, Y., HEJDUK, T., HLAVÁČEK, J., SOČUVKA, V., DUŠEK, P., NOVÁK, P. (2017): Batymetrické měření na vodárenské nádrže Nýrsko přístrojovým vybavením na bázi echosounderu, poster, GIS ESRI 2017.

Odborné články

MARVAL, Š., HEJDUK, T., VELÍSKOVÁ, Y., SOČUVKA, V., DUŠEK, P., HLAVÁČEK, J., NOVÁK, P., ROUB, R., VYBÍRAL, T., BUREŠ, L. (2017): Automatizované monitorování morfologie dna vodních nádrží – pilotní studie vodárenská nádrž Nýrsko, konference s mezinárodní účastí - Vodní toky 2017, str. 107 – 114, ISBN 978–80–7458–101-4.

BUREŠ, L., MÁCA, P., ROUB, R., HEJDUK, T., NOVÁK, P.: (2017): Estimation of River Bathymetry Using the Global Optimization Algorithms, Mathematics and Computation.

NOVÁK, P., ROUB, R., HRADÍLEK, V., MARVAL, Š., HEJDUK, T., VYBÍRAL, T., BUREŠ, L. (2017): Batymetrický přístup pro stanovení



zásobných kapacit, množství a dynamiky sedimentů vodních nádrží – pilotní studie Němčice, Vodní hospodářství, 2017, roč. 67, číslo 9, ISSN: 1211-0760.

NOVÁK, P., ROUB, R., VYBÍRAL, T., V., MARVAL, Š., HEJDUK, T., BUREŠ, L. (2017): Letecké topo-batymetrické laserové skenování – pilotní testování v klimatických podmínkách České republiky, Geodetický a kartografický obzor, roč. 63/105, číslo 10, ISSN: 1211-0760.

ROUB, R., KURKOVÁ, M., HEJDUK, T., NOVÁK, P., BUREŠ, L. (2016): Comparing a hydrodynamic model from fifth generation DTM data and a model from data modified by means of CroSolver too, AUC Geographica, 51, No. 1, pp. 29–39.

NOVÁK, P., ROUB, R., VYBÍRAL, T., HLAVÁČEK, J., HEJDUK, T., BUREŠ, L., REIL, A. (2015): Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží, Vodní hospodářství, roč. 65, č. 3, s. 13-20. ISSN 1211-0760.

Specializována mapa s odborným obsahem

HRADÍLEK, V., ROUB, R., NOVÁK, P., HEJDUK, T., VYBÍRAL, T., HLAVÁČEK, J., BUREŠ, L., MÁCA, P., MAXOVÁ, J., ZAJÍČEK, A., PTÁČNÍKOVÁ, L. (2015): Specializované mapy batymetrických měření pomocí echosoundingu, Zeměměřický úřad, Pod Sídlištěm 9, 182 11 Praha 8, 15. 12. 2015, ZÚ-04428/2015-11001.

HRADÍLEK, V., ROUB, R., NOVÁK, P., HEJDUK, T., VYBÍRAL, T., HLAVÁČEK, J., BUREŠ, L., MÁCA, P., MAXOVÁ, J., ZAJÍČEK, A., PTÁČNÍKOVÁ, L. (2016): Batymetrické měření pro stanovení množství a dynamiky sedimentů, Zeměměřický úřad, Pod Sídlištěm 9, 182 11 Praha 8, 10. 6. 2016, ZÚ-02296/2016-11001.

Software

BUREŠ, L., ROUB, R., MÁCA, P., PECH, P.: (2016): BathySol for ArcGIS – Nástroj BathySol pro práci v prostředí ArcGIS, software.



Prohlášení předkladatele ověřené technologie

Předkladatel prohlašuje, že zpracovaná ověřená technologie nezasahuje do práv jiných osob z průmyslového nebo jiného duševního vlastnictví.

Předkladatel prohlašuje, že smlouva o uplatnění ověřené technologie byla uzavřena s Lesy hl. m. Prahy.